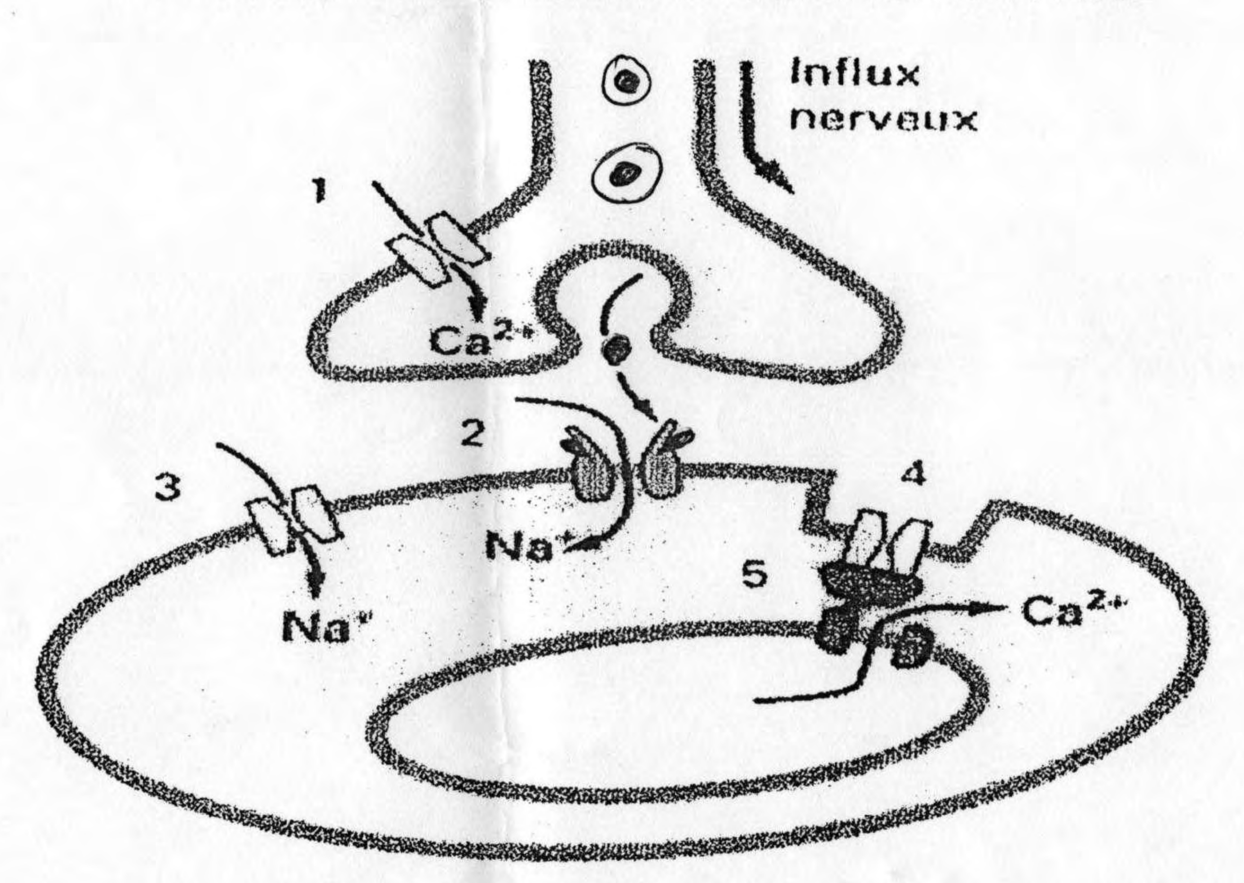
LE CYTOSQUELETTE : LES MICROTUBULES (MT)

Définition	Le cytosquelette correspond à un ensemble de protéines cytosoliques formant des MT, microfilaments /Mf fins et épais et des filaments intermédiaires /FI
Répartitions et localisations cell. *Sch 2 p14*	- Cellules eucaryotes (sauf érythrocytes) - Autour du centrosome : un centrosome = 2 centrioles perpendiculaires + matrice de MAPs ou matériel péricentriolaire ou MTOC ou COMT riche en tubulines α,β,γ,δ..) –organises en faisceaux dans centriole s + Axones neuroniques (MT de grande taille) + Cils des Cellules ciliées + flagelles des spz. (cils et flagelles sont des dérivés centriolaires) - Fuseau des cellules mitotiques ***(page 62)***
T. étude et obs.	Coupe mince et coloration positive + Coloration négative Observation au MET – Technique d'immunofluorescence
Isolement	UGD du 1er culot de l'homogénat (1 UCD + 1UGD)
Organisation moléculaire et composition chimique Sch 1 p 14	Chaque MT labile s'irradie du centrosome ou **extrémité proximale** vers la périphérie cellulaire ou **extrémité distale** ; longueur variable. - MT = 1 cylindre creux (25 nm de diamètre et 5 nm d'épaisseur) composé de 13 protofilaments - **1 protofilament = succession d'hétérodimères de tubuline (protéine cellulaire)** ; **1 hétérodimère = tubuline α + tubuline β** - tubulines α sont toujours associées au GTP - tubulines β peuvent être associées soit au GTP (état actif) permettant **la polymérisation** soit au GDP (état inactif) induisant la dépolymérisation. En effet étant **GTPasique** le GTP est vite hydrolysé par la **tubuline β** en GDP. **- 2 variétés de MT** : MT labiles (instables) de **Lg variable libres, ou forment le fuseau mitotique** et MT stables **organisés en centrioles, cils et flagelles de Lg stable. 1 centriole = 9 triplets A,B,C de MT reliés par nexine. Chaque centriole a une extr. proximale et une autre distale.**
Biogénèse	-MT labiles prennent naissance de la matrice protéique du centrosome plus précisément a la périphérie ou sont concentrées les γ TuRC Elle se déroule en 3 étapes : - **Nucléation : amorce des dimères à l'anneau hélicoïdale TuRC** - **Polymérisation : addition de dimères = allongement des protofilaments** - **Fermeture du feuillet de 13 protofilaments et formation d'un cylindre creux**
Propriétés	- MT labiles sont des structures dynamiques ; ils sont polarisés. Leur **extrémité proximale est à dépolymérisation rapide (extrémité -)** alors que leur **extrémité distale (extrémité +) est à polymérisation rapide** ***(Schéma 3 p.57).*** Aux extrémités + les concentrations en tubuline GTP sont élevées ; alors qu'aux extrémités – les concentrations en tubuline GTP sont basses. Cette variabilité de concentration en tubuline GTP permet au MT d'avoir une coiffe GTP et la partie restante (corps du MT) GDP. Si la concentration en tubuline β est régressive les MT disparaissent complètement. C'est le cas pour MT labiles et non pour MT stables en conditions in vivo.Ex : à la fin de la division cellulaire le fuseau mitotique compose de MT labiles disparait complètement par dépolymérisation progressive.
Drogues	- La **colchicine** et la **vinblastine** inhibent la polymérisation des MT en s'associant aux dimères de tubuline : MT disparaissent complètement suite aux dépolymérisations continues ***(Schéma 4 p.57)*** - Le **Taxol** stabilise les MT en se fixant latéralement : arrêt de toute polymérisation et dépolymérisation - En thérapie humaine ces 2 molécules sont utilisées comme médicaments anticancéreux pour stopper la migration des chromosomes métaphasiques et empêcher les phénomènes néoplasiques (la multiplication des cellules cancéreuses).
Protéines associées	Protéines motrices = Kinésine + Dyneine Protéines structurales= Tau dans les axones des neurones et Map2 dans les dendrites et le corps cellulaire
Fonctions ***(Tab p 29 30)***	**Transports orientés des vésicules, organites et des protéines** (p 31) **Mouvements amœboïdes** (p 64) **Migration des chromosomes**
Pathologie	-Maladie d'Alzheimer : **altération des protéines Tau** dans les axones causant des troubles de la mémoire.

LE CYTOSQUELETTE LES MICROFILAMENTS FINS D'ACTINE / Mf d'actine

Répartitions et localisations cellulaires *(Schéma 2 p14 et p 25)*	- Cellules eucaryotes abondants dans : - cellules musculaires lisses et striées sous forme de myofibrilles -fibroblastes -microvillosités des entérocytes -cellules mitotiques (a la fin de la division cellulaire =télophase) - Ils peuvent être libres dans le hyaloplasme, sous forme de réseau sous la mb pl (cortex cellulaire), forme de faisceaux serrés dans les mv, forme contractile dans desmosomes de ceinture des C. épithéliales, contacts focaux (macrophages) ...
L. étude et obs.	Coupe mince et coloration positive ou négative ; obs au MET. Technique d'immunofluorescence
Isolement	UGD du 1[er] culot de l'homogénat (1 UCD + 1UGD)
Organisation moléculaire composition chimique et distribution cellulaire p.21	- Actine F = MF fin d'actine =filament rectiligne de 6 à 8 nm de diamètre en forme d'hélice monocaténaire, constitue d'un alignement de monomères d'actine G (G= globulaire) en forme de bivalve . L'actine peut être associée soit à ATP (état actif) soit à ADP (état inactif) voir schéma. - Variétés et distribution de l'actine : actine alpha= disques clairs des myofibrilles dans cellules musculaires striées et lisses ; actine béta et gamma dans les autres types cellulaires
Biogénese	- 3 monomères d'actine G associés à ATP s'associent en trimère = site de nucléation maintenu par le complexe ARP 2/3 - Polymérisation en Actine F par ajout de monomères actifs d'actine G
Propriétés (schéma p 58).	- Mf est polarisé = possède une extrémité + à polymérisation rapide et une extrémité – à dépolymérisation rapide. Ainsi 1MF peut se renouveler complètement : modèle du tapis roulant La vitesse de polymérisation dépend du pool d'actine G et de l'ATP-Mg^{++} (in vitro) - Dans la cellule musculaire la lg des Mf est stable ; cela n'implique pas que les MF ne sont pas polarisés.
Drogues Voir schéma 10 p 59	Cytochalasine se fixe à l'extrémité + des Mf empêchant tte polymérisation. -Phalloïdine inhibe la dépolymérisation et la polymerisation en se fixant sur les côtés des Mf empêchant la libération des monomères. = stabilité de lg
Proteines associées	Voir tableau p 22 et 24avec schémas correspondants résumant les protéines associées aux cellules non musculaire et musculaires.
Fonctions *(Tab bio motilité p 29 30)*	Voir tableau Bio motilité p 29 et 30 . **Les Mf interviennent dans de nombreux processus :** Transports orientés des vesicules, organites et des protéines Cytodiérese Contraction des cellules musculaires Mouvements amiboïdes

JONCTION NEUROMUSCULAIRE ACTIVÉE



	MYOSINE ET FILAMENTS INTERMEDIAIRES	
Eléments de comparaison	Microfilaments épais de myosine	Filaments intermédiaires
Répartitions cellulaires	- abondants dans cellules musculaires (myosine II) - entérocytes (microvillosités myosine I).	- abondants dans cellules épithéliales - dérivés épidermiques (ongles, cheveux et poils) - C musculaires lisses et striées (relation entre les myofilaments et mb pl) - tissus dérivant du mésenchyme (muscles lisse et cardiaque, vaisseaux sanguins, cellules endothéliales, fibroblastes)
Localisation cellulaire	- Hyaloplasme ss forme de myofibrilles dans cellules musculaires (myosine II) - Liaisons latérales Mf actine à la mb pl ds microvillosités (myosine I).	- Réseau périnucléaire (lamina) - Desmosomes et hémidesmosomes
T. d'étude Obs	Coupe mince et coloration positive : obs au MET	Coupe mince et coloration positive: obs au MET
Ultrastructure et composition chimique	- Filaments de myosine épais de 10 à 15 nm de diamètre composé d'une protéine contractile en forme de bâtonnet dite myosine - 2 variétés de myosine I et II : (schéma 11 p 23) * myosine I monomérique constituée d'une tête globulaire à activité ATPasique réagissant avec l'actine + 1 queue courte à site de fixation à la mb pl ou mb des vésicules à transporter * myosine II monomérique constituée de 2 têtes globulaires à activité ATPasique chacune réagissant avec l'actine + 1 queue longue qui interagit avec une autre molécule de myosine II pour former 1 filament bipolaire de lg constante	- FI de 10 nm de diamètre = intermédiaire MF d'actine et Filaments de myosine (planche VII p 28) - composés de dimères de protéines fibreuses en forme d'hélice torsadée : dimères s'associent de manière antiparallèle pour former des tétramères : ces derniers se mettent bout à bout pour constituer 1 protofilament : 8 protofilaments = 1 FI = 32 monomères - protéines des FI diffèrent selon le type cellulaire : *Neurofilamines ds neurones *Cytokératines (tonofilaments): dérivés épidermiques (ongles, cheveux et poils) + desmosomes et hémidesmosomes *Desmine : cellules musculaires lisses et striées et * Vimentine : tissus dérivant du mésenchyme (muscles lisse et cardiaque, vaisseaux s[illegible]ns, cellules endothéliales, fibroblastes) * Lamines (A,B,C) : réseau périnucléaire (lamina) * GFAP dans les cellules gliales
Fonctions	Myosine I : -transports des vésicules d'exocytose ds le cortex cellulaire. - rôle structural dans microvillosités Myosine II : -contraction des cellules musculaires -cytodiérèse	- Maintien de la morphologie cellulaire - Résistance au stress mécanique - Cohésion intercellulaire

FONCTIONS DU CYTOSQUELETTE : LA BIOMOTILITE

FONCTIONS		MECANISME MOLECULAIRE
TRANSPORTS VESICULAIRES et FLUX AXONAL	*Exocytose*………	Prise en charge de la vésicule (organite membranaire) par les MT et Kinésine Transport vers l'extrémité + ou se situent les tubulines actives Action de la Gelsoline + Ca^{++} = fluidification du cortex (destruction) sous mb. Saut de la vésicule vers Actine F + Myosine I Fusion mb et exocytose dans la Matrice Extracellulaire
	Endocytose……	Pincement de la mb pl suite à une polymérisation des monomères en Actine F : processus activé par la profiline Endocytose Déplacement grâce à Dynéine vers l'extrémité – du MT Fusion membranaire à endosome
MIGRATION DES CHROMOSOMES		- après la métaphase allongement du fuseau par polymérisation des MT du fuseau - dépolymérisation des MT chromosomiques ou kinétochoriens. - à la fin de l'anaphase : arrivée des chromosomes aux pôles du fuseau mitotique
CYTODIERESE		A la télophase se produit l'étranglement cellulaire suite à la formation d'un anneau contractile - interaction des têtes de myosine II activées sur l'actine -glissement des Mf d'actine le long des filaments de myosine II - dépolymérisation continue de l'anneau et séparation des cellules filles
CONTRACTION DES CELLULES MUSCULAIRES		Ex : jonction neuro musculaire - Arrivée de l'influx nerveux au niveau de la synapse - Activation des canaux potentiel dépendants de la membrane pré synaptique : entrée de Ca^{++} par les canaux calciques - Action de la Gelsoline et exocytose des vésicules d'Ach dans la fente intersynaptique - Fixation Ach sur les récepteurs Ach dépendants de la membrane post synaptique (musculaire) - Activation des canaux potentiel dépendants sodiques entrée de Na^{+} - Arrivée de l'onde de dépolarisation au REL (réticulum sarcoplasmique) et activation des canaux calciques potentiel dépendants - Libération du Ca^{++} activation du complexe troponine, interaction myosine II activée sur actine - Contraction musculaire par raccourcissement des sarcomères.
MOUVEMENT AMAEBOIDE		-A l'arrière de la cellule mobile endocytose = perte de membrane pl = Rétraction -Transports vésiculaires vers endosome= polymérisation des Mf + Profiline + MT + Dyneine -Formation de lamellipodes = extension de la mb à l'avant de la cellule par exocytose = transport vésiculaire par MT + Kinésine + Mf + myosine I après intervention de la Gelsoline et élévation de la concentration calcique. -Parallèlement destruction à l'arrière et élaboration à l'avant de contacts focaux = interaction de faisceaux contractiles d'ActineF+ α actinine ±MyosineII avec les composants de la matrice extracellulaire.

Remarque : Transports vesiculaires +Migration des chromosomes + Cytodierese + contraction des cellules musculaires correspondent à la biomotilité intracellulaire. Les mouvements amaeboïdes correspondent à la biomotilité cellulaire des cellules libres (phagocytaires comme macrophages).

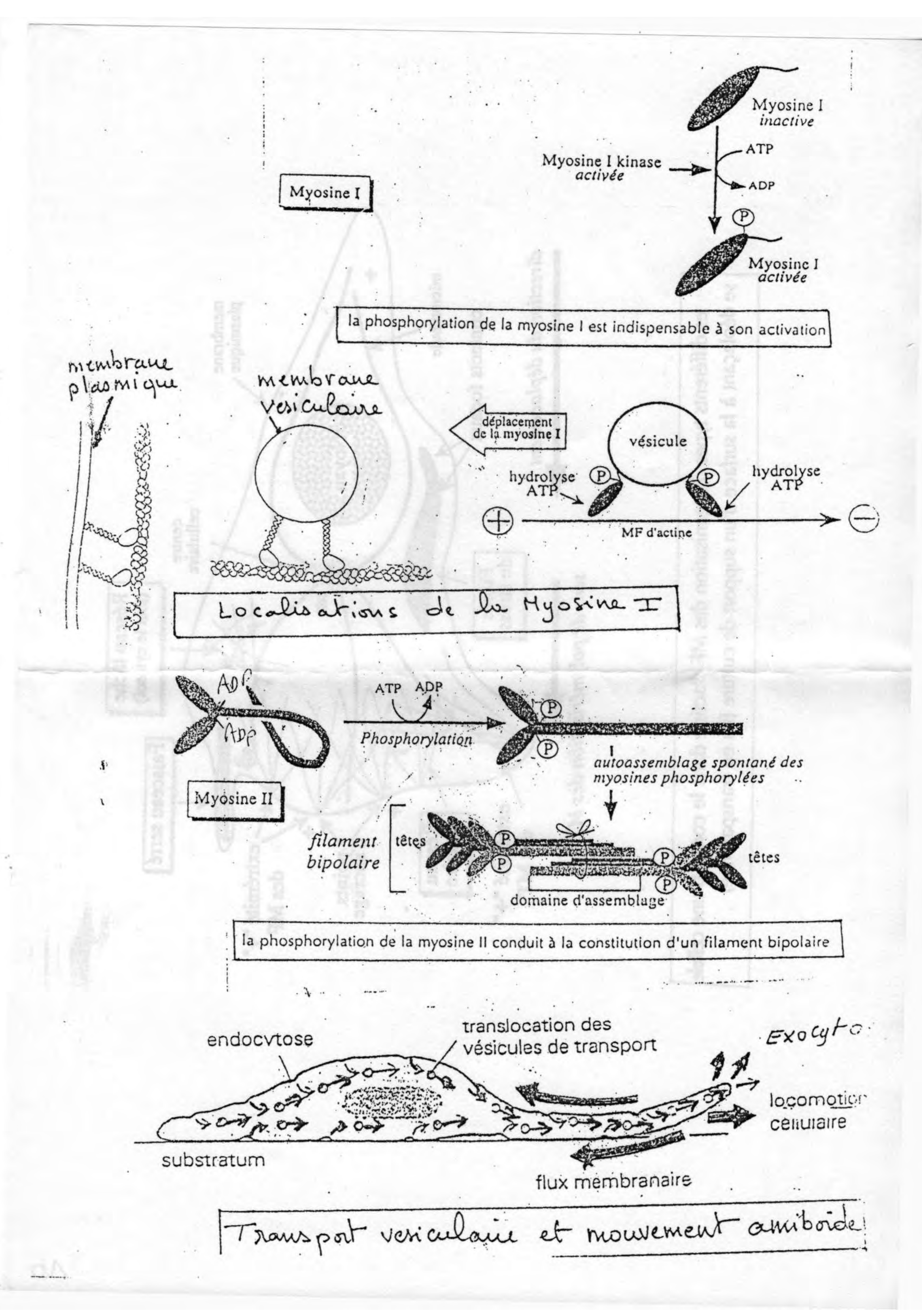
FONCTIONS DU CYTOSQUELETTE : LA BIOMOTILITE

FONCTIONS		MECANISME MOLECULAIRE
TRANSPORTS VESICULAIRES et FLUX AXONAL	*Exocytose*.........	Prise en charge de la vésicule (organite membranaire) par les MT et **Kinésine** Transport vers l'extrémité + ou se situent les tubulines actives Action de la **Gelsoline** + Ca^{++} = fluidification du cortex (destruction) sous mb. Saut de la vésicule vers Actine F + Myosine I Fusion mb et exocytose dans la Matrice Extracellulaire
	Endocytose.....	Pincement de la mb pl suite à une polymérisation des monomères en **Actine F** : processus activé par la **profiline** Endocytose Déplacement grâce à **Dynéine** vers l'extrémité – du MT Fusion membranaire à endosome
MIGRATION DES CHROMOSOMES		- après la métaphase allongement du fuseau par **polymérisation des MT du fuseau** - **dépolymérisation des MT chromosomiques** ou kinétochoriens. - à la fin de l'anaphase : arrivée des chromosomes aux pôles du fuseau mitotique
CYTODIERESE		A la télophase se produit **l'étranglement cellulaire** suite à la formation d'un **anneau contractile** - interaction des têtes de **myosine II activées sur l'actine** → **glissement des Mf d'actine** le long des filaments de **myosine II** - dépolymérisation continue de l'anneau et séparation des cellules filles
CONTRACTION DES CELLULES MUSCULAIRES		Ex : jonction neuro musculaire - Arrivée de **l'influx nerveux** au niveau de la synapse - Activation des canaux potentiel dépendants de la membrane pré synaptique : **entrée de Ca^{++}** par les canaux calciques - Action de la **Gelsoline** et **exocytose des vesicules d'Ach** dans la fente intersynaptique - **Fixation Ach** sur les **récepteurs Ach** dépendants de la membrane post synaptique (musculaire) - Activation des canaux potentiel dépendants sodiques **entrée de Na** - Arrivée de l'onde de dépolarisation au REL (réticulum sarcoplasmique) et activation des canaux calciques potentiel dépendants - **Libération du Ca^{++} activation du complexe troponine, interaction myosine II activée sur actine** - **Contraction musculaire** par raccourcissement des **sarcomères**.
MOUVEMENT AMAEBOIDE		-A l'**arrière** de la cellule mobile **endocytose** = perte de membrane pl = **Rétraction** -**Transports vésiculaires** vers endosome= polymérisation des Mf + Profiline + MT + Dyneine -Formation de **lamellipodes**= extension de la mb à **l'avant** de la cellule par **exocytose** = transport vésiculaire par MT + Kinésine + Mf + myosine I après intervention de la Gelsoline et élévation de la concentration calcique. -Parallèlement **destruction** à **l'arrière** et **élaboration** à **l'avant** de **contacts focaux** = interaction de faisceaux contractiles d'**ActineF+ α actinine ±MyosineII** avec les composants de la matrice extracellulaire.

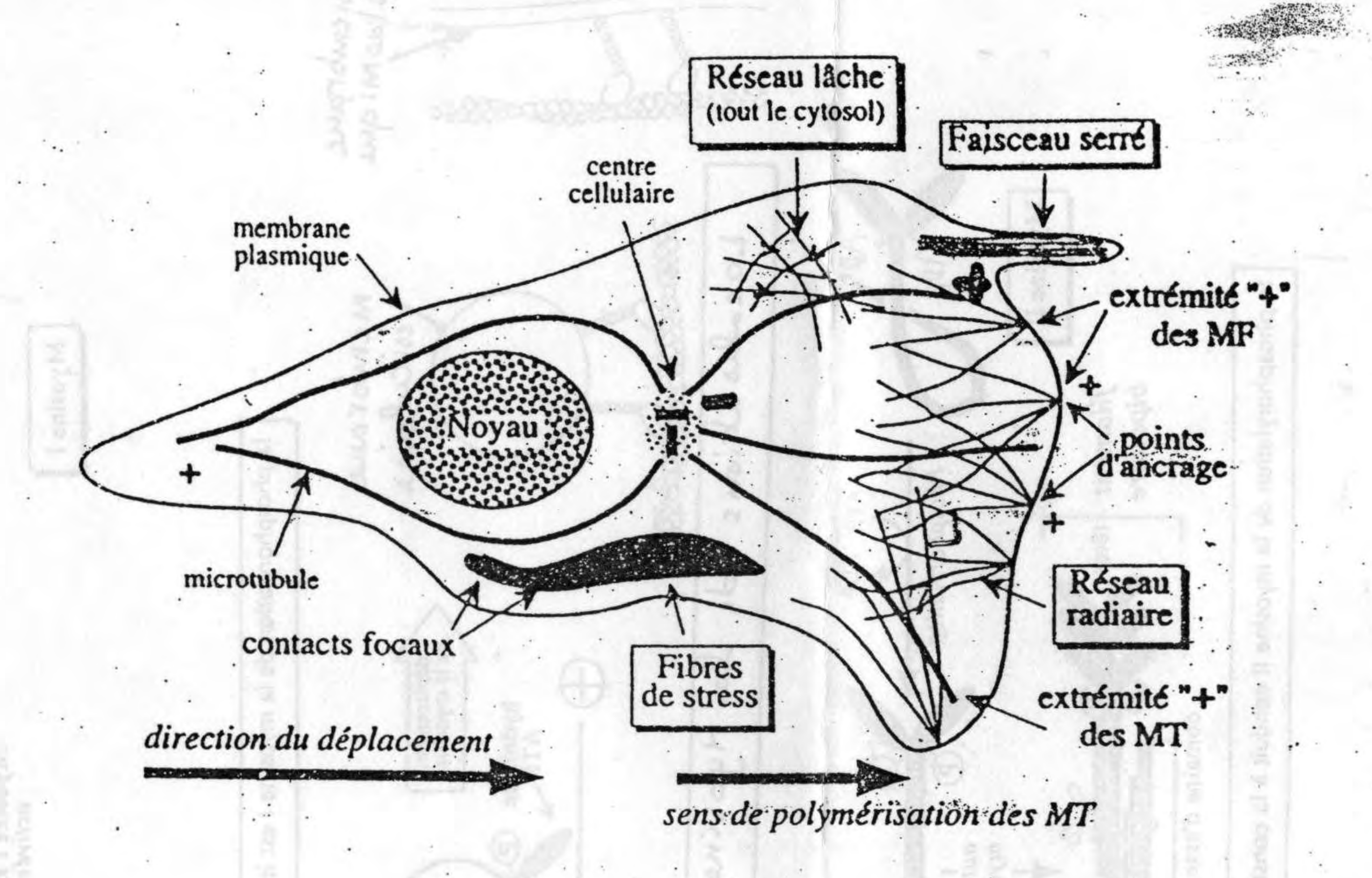
Remarque : **Transports vesiculaires +Migration des chromosomes + Cytodierese + contraction des cellules musculaires** correspondent à la **biomotilité intracellulaire. Les mouvements amaeboïdes** correspondent à la **biomotilité cellulaire** des cellules libres (phagocytaires comme macrophages).

LE CYTOSQUELETTE : LES MICROFILAMENTS FINS D'ACTINE = Mf

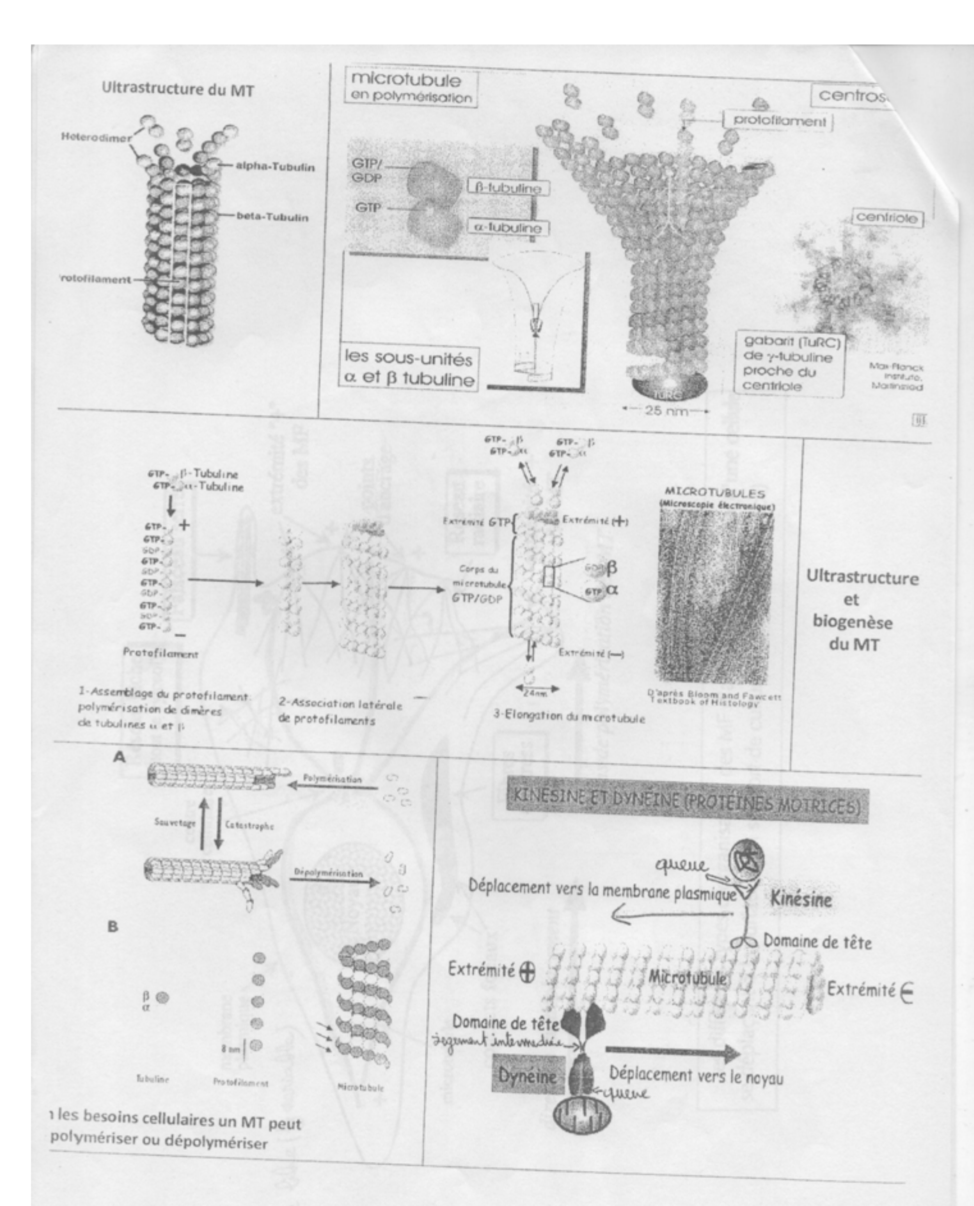
Répartitions et localisations cellulaires (*Schéma 2 p17*) p 25	- Cellules eucaryotes abondants dans : - cellules musculaires lisses et striées sous forme de myofibrilles -fibroblastes -microvillosités des entérocytes -cellules mitotiques (à la fin de la division cellulaire =télophase) - Ils peuvent être libres dans le hyaloplasme, sous forme de réseau sous la mb pl (cortex cellulaire), forme de faisceaux serrés dans les mv, forme contractile dans desmosomes de ceinture des C. épithéliales, contacts focaux (macrophages)
T. étude et obs.	Coupe mince et coloration positive ou négative ; obs au MET. Technique d'immunofluorescence.
Isolement	UGD du 1er culot de l'homogénat (1 UCD + 1UGD)
Organisation moléculaire composition chimique et distribution cellulaire p 21.	- Actine F = MF fin d'actine =filament rectiligne de 6 à 8 nm de diamètre en forme d'hélice monocaténaire, constitué d'un alignement de monomères d'actine G (globulaire). L'actine peut être associée soit à ATP (état actif) soit à AD (état inactif) voir schéma. Actine G = bivalve. - Variétés et distribution de l'actine : actine alpha= disques clairs des myofibrilles dans cellules musculaires striées et lisses ; actine bêta et gamma dans les autres types cellulaires
Biogénèse p 21	- 3 monomères d'actine G associés à ATP s'associent en trimère = site de nucléation maintenu par le complexe ARP - Polymérisation en Actine F par ajout de monomères actifs d'actine G
Propriétés	- Mf est polarisé = possède une extrémité + à polymérisation rapide et une extrémité – à dépolymérisation rapide. Ai 1MF peut se renouveler complètement : modèle du tapis roulant (schéma p 58). La vitesse de polymérisation dépend du pool d'actine G et de l'ATP-Mg^{++} (in vitro) - Ds la cellule musculaire la lg des Mf est stable ; cela n'implique pas que les Mf ne sont pas polarisés..
Drogues	**Cytochal**asine se fixe à l'extrémité + des Mf empêchant tte polymérisation. Voir schéma 10 p 59 -**Phalloïdi**ne inhibe la dépolymérisation en se fixant sur les côtés des MF empêchant la libération des monomères. = S
Protéines associées	22 24 ***(Voir tableau p 29 et 30 avec schémas correspondants)***
Fonctions *(Tab bio motilité p 29 30)*	- **Voir Bio motilité. Les Mf interviennent dans de nombreux processus :** **Transports orientés des vésicules, organites et des protéines** **Cytodiérèse** **Contraction des cellules musculaires** **Mouvements amaeboïdes**



Myosine I
Myosine I
inactive
Myosine I kinase
activée
ATP
ADP
P
Myosine I
activée
la phosphorylation de la myosine I est indispensable à son activation
membrane
plasmique
membrane
vesiculaire
déplacement
de la myosine I
vésicule
hydrolyse
ATP
hydrolyse
ATP
P
P
MF d'actine
Localisations de la Myosine I
ADP
ADP
ATP
ADP
Phosphorylation
P
P
autoassemblage spontané des
myosines phosphorylées
Myosine II
filament
bipolaire
têtes
têtes
domaine d'assemblage
la phosphorylation de la myosine II conduit à la constitution d'un filament bipolaire
endocytose
translocation des
vésicules de transport
Exocyto
locomotion
cellulaire
substratum
flux membranaire
Transport vesiculaire et mouvement amiboïde

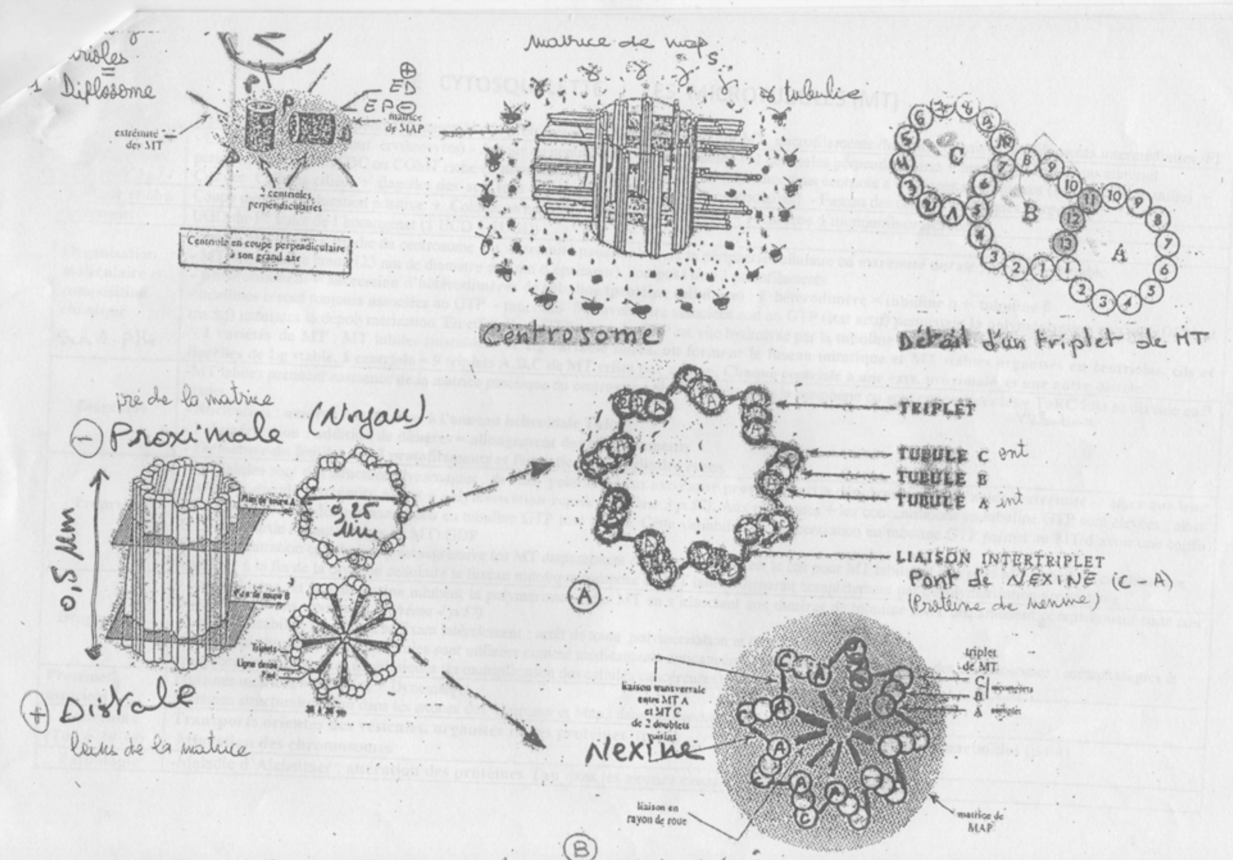


es différents types d'organisation des MF d'actine dans le cortex d'une cellule se déplaçant à la surface d'un support de culture (vu en transparence)



MICROTUBULE

s elements transportable par les MAP motrice sont : vésicule , protéine (enzyme , protéin
microtubule), ribosome , mitochondrie.



Coupes Transversales des extrémités Proximale (A) et distale (B) d'un centriole

Questions Cytosquelette

QCS :

1. La myosine est une protéine des Mv des cellules enterocytes
2. Les sous unités protéiques des MT contribuent à former les corpuscules basaux
3. La tropomyosine est une protéine liée uniquement aux filaments d'actine des cellules musculaires
4. La fibronectine est une protéine fibreuse
5. Le matériel péricentriolaire est un centre inducteur des microfilaments
6. L'extrémité proximale du MT est inséré a la matrice pericentriolaire
7. Les protofilaments sont des structures cellulaires (nucléaires) polaires stables
8 . les MT labiles et les Mf ont une structure en 13
10 La structure protofilamentaire du MT est révélée par la coloration négative
11 La colchicine inhibe la cytodiérèse
12 Les MT cytosoliques sont des polymères instables
13 Les MF épais sont des structures non polarisées
14 Le cortex cellulaire est constitué de MT sous membranaires
15 Comme les Mf , les MT des sont capables de polymeriser et dépolymériser
16 La tropomyosine est une protéine stabilisatrice des MF
17 Le sarcomere correspond à une association de MFd'actine et myosine I
18 La polymérisation des filaments d'actine est bloquée par la phalloidine
19 Les Mf sont des structures plus concentrees que les MT dans la cellule en fin de division
20 Les MT sont maintenus par les proteines Tau dans la cellule nerveuse
21 Les filaments d'actine sont associés à la macula adherens
22 Le diplosome et le MTOC constituent le centre cellulaire d'une cellule
23 Il y a autoduplication des centrioles à la fin de l'interphase d'un cycle mitotique
24 La filamine est liée aux MT d'uen cellule musculaire
25 L'actine active est liée à l'ADP
26. Le cytosquelette est un ensemble de filaments glycoprotéiques cytosoliques.
27. A cause de leur polarité les MT peuvent être complètement renouvelés.
28. Les centrioles, le fuseau mitotique ainsi que les flagelles sont constitués de MT stables.
29. Les MT se raccourcissent lorsque la dépolymérisation est dominante.
30. Les kinésines et dynéines sont des MAP de stabilité des MT
31. Les MAP ATPasiques assurent un transport orienté.
32. Les MAP_2 assurent la stabilité des MT axonaux.
33. La colchicine est un antimitotique du fuseau mitotique
34. Le taxol inhibe la tubuline.
35. La c.musc renferme des myofibrilles riches en actine,tropomyosine,troponine et myosineII
36. Les cellules épithéliales bronchiques renferment des MT ciliaires.
37. Le spermatozoide humain contient des Mf stables
38. La myosine II est responsable du transport vésiculaire.
39 Un dimère d'un protofilament fixe du GTP par l'intermédiaire de la tubuline β.
40. A la différence des MT les MF d'actine ne sont pas polarisés.
41. Cellule en prophase + colchicine ⟶ cellule bloquée en métaphase
42. Cellule en télophase + colchicine ⟶ cytodiérèse.

QCM

Choisir la ou les réponse (s) juste (s).

1 La villine est une protéine
a liée aux filaments d'actine
b liée aux filaments de myosine
c liée aux filaments d'actine β des cellules musculaires
d qui assure l'ancrage des Mf à la membrane plasmique
e aucune des réponses n'est valable

2 L'examen microscopique d'une cellule mitotique peut montrer ;
a des contacts focaux
b des MT stables
c des MT chromosomiques
d un faisceau d'actine
e déstabilisation des protofilaments d'actine α

3 La myosine II est une protéine abondante dans les :
a entérocytes
b cellules rénales
c cellules musculaires
d cellules phagocytaires
e cellules mitotiques

4 Les filaments de tubuline du cytosquelette peuvent être :
a dispersés dans le hyaloplasme
b regroupés en faisceau
c organisés en centriole
d associés aux desmosomes
e présents dans l'axe des microvillosités

5 L'architecture moléculaire d'un MT peut révéler une structure en :
a 13 Protofilaments de longueur stable
b 13 Protofilaments de longueur instable
c. cylindre creux après observation au MEB
d cylindre creux après coloration négative
e. hélice monocaténaire

6 Dans quel type de mouvement les MF ne semblent jouer aucun rôle ?
a endocytose
b exocytose
c ascension chromosomique
d mouvement amaeboides
e la cytodiérèse

7. Lequel des constituants du cytosquelette peut intervenir dans la sécrétion de l'insuline ?
a Protofilaments polymérises
b Mf du cortex sous mb
c Mf des contacts focaux
d Filaments épais de myosine
e MT labiles

VI : Variétés des filaments intermédiaires :

Classes des FI : / Éléments de Comparaison :	Neurofilaments :	Kératines et cytokératines :	Laminines :	Desmines :	Vimentines :
Localisation cellulaire :	Hyaloplasme	-desmosomes ponctuels -hémidesmosomes	-Dans le noyau -Forme un réseau -attachée à l'enveloppe face nucléoplasmique.	cytoplasme	cytoplasme
Distribution cellulaire :	Cell. nerveuses	-Cell épithéliales -Cell non épithéliales -Cell épidermiques	Toutes les cellules eucaryotes	cellules musculaires	-Fibroblastes -paroi endothéliale - muscles...
Rôles :	participent avec les microtubules à la constitution du squelette des prolongements des axones et dendrites.	-cohésion entre les cellules. -participent à la résistance aux forces de traction.	-elle permet de soutenir l'enveloppe nucléaire -fixe la chromatine à l'enveloppe nucléaire.	elle entoure les myofibrilles au niveau des disques Z du sarcomère et les rend solidaires les unes des autres.	adaptation des cellules aux stress mécaniques